

System for continuous display of target location in medical treatments**Publication number:** DE19751761**Publication date:** 1998-10-15**Inventor:** VIELSMEIER STEFAN (DE); BIRKENBACH RAINER (DE)**Applicant:** BRAINLAB MED COMPUTERSYST GMBH (DE)**Classification:****- international:** A61B8/08; A61B19/00; A61B6/08; A62B19/00; A61B8/08; A61B19/00; A61B6/08; A62B19/00; (IPC1-7): A61B17/22; A61B19/00; A61B6/00; A61B8/00**- european:** A61B8/08; A61B19/00N**Application number:** DE19971051761 19971121**Priority number(s):** DE19971051761 19971121; DE19971015223 19970411[Report a data error here](#)**Abstract of DE19751761**

A system and procedure for accurately defining target locations during e.g. neurosurgical treatments employs a computer-aided primary referencing apparatus which incorporates a database indexing the patient's anatomical make-up, diagnostic data and the positions of treatment equipment prior to commencement. A further position sensor e.g. an ultrasonic probe carrying position referencing reflectors is used to establish instantaneous values for each of the stored parameters and so provide a comprehensive update for the precise navigation of the treatment programme which is controlled by the primary referencing apparatus.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

F-1b



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENTAMT(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 197 51 761 A 1**(5) Int. Cl. 6:
A 61 B 19/00
A 61 B 8/00
A 61 B 6/00
// A61B 17/22(21) Aktenzeichen: 197 51 761.7
(22) Anmeldetag: 21. 11. 97
(43) Offenlegungstag: 15. 10. 98

DE 197 51 761 A 1

(66) Innere Priorität:

197 15 223. 6 11. 04. 97

(72) Erfinder:

Vielsmeier, Stefan, 85586 Poing, DE; Birkenbach,
Rainer, 85622 Feldkirchen, DE

(71) Anmelder:

BrainLAB Med. Computersysteme GmbH, 85551
Kirchheim, DE

(74) Vertreter:

Schwabe, Sandmair, Marx, 81677 München

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) System und Verfahren zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten

(57) Die Erfindung betrifft ein System sowie ein Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionsparametern von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft. Eine zweite Positionsdetektionseinrichtung wird in die Referenzierungseinrichtung eingebunden und mit deren Positionsparametern werden die Positionsparameter aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung aktualisiert. Die Erfindung betrifft weiter ein Eichverfahren zur Einbindung der Positionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung.

DE 197 51 761 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein System sowie ein Verfahren zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positions倅erten von Behandlungsgeräten und Patienten'anatomie zur optimierten Behandlung verknüpft.

Insbesondere auf dem Gebiet der Neurochirurgie ist es üblich, Navigationssysteme zur Verfügung zu stellen, die die Tätigkeit des Chirurgen mit Hilfe eines Computers und einer Bildschirmausgabe unterstützen. An Behandlungsgeräten, beispielsweise an chirurgischen Instrumenten, werden aktive Signalgeber oder Reflektoren angebracht. Auch der Patient und seine Fixationseinrichtungen, beispielsweise eine Patientenliege mit einem Kopftring, werden markiert bzw. referenziert, wobei am Patienten natürliche oder künstliche Landmarken verwendet werden.

Eine Kameraanlage, die dazu in der Lage ist, räumliche Positions倅erten zu erfassen, überwacht das Operationsgebiet und gibt die Positionen der Behandlungsgeräte sowie die der durch die Landmarken festgelegten Patienten'anatomie an ein Computersystem weiter, das die Verbindung zwischen dem behandelnden Chirurgen, d. h. der Patienten'anatomie, wie er sie bei der Behandlung sieht, und diagnostischen Daten herstellt, die beispielsweise durch eine Computertomographie erhalten wurden. Durch die Rechnereinheit wird eine virtuelle Bildreproduktion des Operationsgebietes wiedergegeben; der Chirurg kann bildschirmunterstützt arbeiten. Er sieht über die Bildausgabe virtuell auch Behandlungsbereiche, die visuell nicht zugänglich sind.

Ein wichtiger Arbeitsschritt bei der Durchführung einer Behandlung mit solchen Neuronavigationssystemen ist die anfangs stattfindende Referenzierung der Patienten'anatomie. Vor der Durchführung der Computertomographie wird ein Satz künstlicher Marker an dem Patienten in der Umgebung der zu behandelnden Partie angebracht. Diese Marker, die sowohl bei der Computertomographie als auch später bei der Behandlung durch die Kamera erfaßt werden können, werden beispielsweise über Pflaster auf die Haut des Patienten aufgeklebt.

Bei der Computertomographie wird die Position der Behandlungsziele, beispielsweise eines Tumors, gegenüber der Markergruppe genau referenziert, die Lage des Behandlungsziels ist deshalb auch später im Neuronavigationssystem erfaßbar.

Ein Nachteil solcher Neuronavigationssysteme besteht zunächst in der relativen Ungenauigkeit der Patientenreferenzierung mittels aufgeklebter Marker. Hautverschiebungen bei der Fixierung des Patienten vor der Operation können die Referenzierung mit Ungenauigkeiten belasten. Invasive Markerbefestigung, z. B. durch Anbohren von Knochen Teilen, würde dieses Problem zwar lösen, solche Methoden sind jedoch deswegen zu vermeiden, weil sie den Patienten stark belasten.

Ein weiteres grundsätzliches Problem bei bekannten Neuronavigationssystemen besteht in der Lageverschiebung der zu behandelnden Körperpartien. Eine solche Lageverschiebung kann durch mehrere Faktoren entstehen, beispielsweise durch den Abfluß von Körperflüssigkeiten, durch Druckveränderungen beim Öffnen von über dem Behandlungsgebiet liegenden Körperpartien, oder ganz einfach durch Lageänderungen aufgrund der Schwerkraft.

Finden solche Lageänderungen kurz vor der Operation oder während dieser statt, ist das Neuronavigationssystem wiederum mit einer Ungenauigkeit belastet, die insbeson-

dere bei Gehirnoperationen negative Auswirkungen haben kann, wo gesunde Gehirnpartien unbedingt zu schonen sind.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System sowie ein Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten zur Verfügung zu stellen, das die obigen Nachteile kompensiert. Insbesondere soll eine aktuell exakte Erfassung der Behandlungszielpunkte ermöglicht werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zusätzlich zur Neuronavigation (einer ersten Positionsdetektionseinrichtung) eine zweite Positionsdetektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung eingebunden ist, mit deren Positionsinformationen die Positions倅erten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung aktualisiert werden.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt in erster Linie darin, daß vor Ort, d. h. kurz vor und während der Operation, die Lage der Behandlungsziele nochmals in genauer Weise nachreferenziert werden kann. Durch das Erfassen der aktuellen Lage nach Lageveränderungen, die durch den Abfluß von Körperflüssigkeiten, Druckveränderungen oder wegen der Schwerkraft entstehen, ist es erfindungsgemäß möglich, das gesamte Navigationssystem neu abzustimmen. Auch Ungenauigkeiten, die durch Hautverschiebungen entstehen, können berichtigt werden, so daß der Einsatz von invasiven, den Patienten belastenden Techniken zur Markerfixierung nicht mehr nötig wird.

Die Behandlung kann nunmehr mit aktuellen Lagedaten computergestützt durchgeführt werden. Patientenschäden durch Ungenauigkeiten werden vermieden.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems weist die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Reflektorengruppe auf, die von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt werden kann. Durch diese Maßnahme wird in geeigneter Weise die Verbindung zwischen den beiden Positionsdetektionseinrichtungen hergestellt, d. h. die Lage der zweiten Positionsdetektionseinrichtung kann über die darin angebrachte Reflektorengruppe im Operationsgebiet genau bestimmt werden. Die Information aus beiden Positionsdetektionseinrichtungen kann in Übereinstimmung gebracht werden.

Eine Ausführungsvariante des Systems nach der vorliegenden Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf derselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum.

Die aktuelle Position der Patienten'anatomie wird also hier durch ein Ultraschallbild festgestellt. Gewöhnlich sind solche Ultraschallbilder eher unscharf und können die Anatomie nur andeutungsweise wiedergeben. Die genaue Erfassung von Daten zur Operationsunterstützung ist bei Operationen, die eine hohe Positionstreue erfordern, nur durch Ultraschallbilder nicht möglich.

Es ist jedoch sehr gut möglich, mit einem Ultraschallbild Gesamtlageveränderungen genau zu erfassen. Verschiebungen charakteristischer Außenkonturpunkte, beispielsweise für einen Tumor, können mit hoher Genauigkeit ermittelt werden, und wenn diese Information über die Lageveränderungen an das Neuronavigationssystem weitergegeben wird, das ein hochwertiges Anatomiebild mit den Daten aus der Computertomographie liefert, kann die computerunterstützte Behandlung optimal positionstreu durchgeführt werden. Wenn das Ultraschallbild sowie das Bild aus der computergestützten Referenzierungseinrichtung auf demselben Bildschirm ausgegeben werden, ist ein Vergleich bzw. ein Abgleich der Daten durch das Chirurienteam schnell und einfach durchführbar.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung ist die zweite Positions detektionseinrichtung ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe, welches die Position aktuell fokussierten Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann.

In vielen Operationsräumen ist bereits ein chirurgisches Mikroskop vorhanden. Wenn dieses Mikroskop mit einer für die Referenzierungseinrichtung (das Neuronavigationssystem) geeigneten Reflektorengruppe versehen wird, besteht über dem Datenaustausch die Möglichkeit, die Lage der Punkte genau zu ermitteln, die im Fokus des Mikroskops liegen. Hierdurch kann auch die aktuelle Position von Punkten an Behandlungszielen bestimmt werden, nachdem eine Lageverschiebung erfolgt ist. Wenn nunmehr die nicht mehr richtige Position charakteristischer Punkte aus der Computertomographie-Referenzierung durch die aktuelle Lageinformation korrigiert wird, besteht also nach einer Neuzuordnung der Raumpunkte wiederum die Möglichkeit, eine exakte bildschirmunterstützte Operation durchzuführen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die zweite Positions detektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die die aktuelle Position erfärbter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert.

Hier kommen nun die erfindungsgemäßen Vorteile auch bei Bestrahlungstherapien zur Auswirkung. Insbesondere bei einer Bestrahlung von Gehirntumoren ist die Kenntnis der jeweils aktuellen Position des Behandlungsziels von Wichtigkeit, um gesunde Anatomiebereiche vor der Zerstörung zu bewahren.

Eine Ausgestaltung eines oben beschriebenen Systems, bei dem die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Steuerung des Strahlengangs der Strahlungseinrichtung steuert, ist vor allen Dingen dann von Vorteil, wenn Lageveränderungen ausgeglichen werden sollen, die immer wiederkehren, beispielsweise Lageveränderungen durch die Atmung des Patienten. Wenn die Bestrahlung des Patienten im Brustraum vorgenommen werden soll, bewirkt die Atmung des Patienten eine immer wiederkehrende Lageveränderung der Patienten anatomie. Da vermieden werden muß, daß der Strahlengang auch dann fortgesetzt wird, wenn sich der zu behandelnde Körperabschnitt nicht mehr im Fokus befindet, muß die Bestrahlung beispielsweise intermittierend stattfinden, d. h. der Strahl ist immer nur dann vorhanden, wenn der Zielpunkt sich auch im Strahlengang befindet. Zu anderen Zeitpunkten ist der Strahl abzuschalten.

Durch die ursprüngliche Referenzierung des Behandlungsgebiets über Marker in einem Referenzierungssystem und durch den aktuellen Abgleich der Positions werte für das Behandlungsgebiet mittels einer Ultraschall-Bildverarbeitung kann ein solcher intermittierender Betrieb mit guter Positionstreue aufrechterhalten werden.

Eine zweite Einsatzmöglichkeit des erfindungsgemäßen Systems, bei dem die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung steuert, findet vor allen Dingen bei dem Abgleich von Referenzierungsgenauigkeiten und anderen einmalig stattfindenden Lageveränderungen Anwendung. Wenn nach der Fixierung des Patienten über eine Ultraschalldiagnose festgestellt wird, daß sich das zu bestrahrende Ziel nicht mehr exakt an der Stelle befindet, an der es nach der Referenzierung über die Computertomographie sein sollte, können die Positions werte mittels der In-

formationen aus der Ultraschalldiagnose abgeglichen werden. Es besteht nunmehr die Möglichkeit, den Patiententräger, beispielsweise einen Behandlungstisch für die Bestrahlung, auf dem der Patient fixiert ist, motorisch so nachzufahren, daß der Strahl wieder auf die aktuelle Position des Behandlungsziels trifft.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten weist ganz allgemein die folgenden Schritte auf:

- 10 – computergestützte Referenzierung der Patienten anatomie mittels positionsgebender Reflektoren und Marker sowie mit einer ersten Positions detektionseinrichtung, wobei Diagnos edaten eines Patienten mit den ermittelten Positions werten von Behandlungsgeräten und Patienten anatomie zur optimierten Behandlung verknüpft werden,
- 15 – Erfassen der aktuellen Position von Behandlungszielen durch eine zweite Positions detektionseinrichtung,
- 20 – Einbinden der Information über die aktuelle Position in die Referenzierungseinrichtung durch die Einbindung der zweiten Positions detektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung,
- 25 – Aktualisieren der Positions werte aus der ersten Positions detektionsrichtung mit den Positions informa tionen der zweiten Positions detektionseinrichtung.

Wie schon für das erfindungsgemäße System beschrieben, bringt auch das neue Verfahren die Vorteile der Korrektur von Ungenauigkeiten sowie der Kompensation von Lageveränderungen mit sich. Auch beim erfindungsgemäßen Verfahren kann die aktuelle Position der Behandlungsziele über eine Reflektorengruppe an der zweiten Positions detektionseinrichtung von der ersten Positions detektionseinrichtung erfaßt werden.

Wenn ein Ultraschall-Diagnosegerät als zweite Positions detektionseinrichtung verwendet wird, welches eine Reflektorengruppe tragende Sonde aufweist, kann die aktuelle Position der Behandlungsziele insbesondere in mindestens zwei Ebenen erfaßt werden. Durch eine solche Ultraschall-Positionserfassung ist eine sehr genaue aktuelle Lagebestimmung für das Behandlungsziel möglich. Mit diesen neuen Positions werten kann dann die erste Lagebestimmung durch eine Referenzierungseinrichtung aktualisiert werden; mit den Computertomographie-Daten aus der Referenzierungseinrichtung ist eine hochexakte Behandlungsunterstützung mit aktuellen Positions werten möglich.

Auch hierbei ist es von Vorteil, wenn das Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Ultraschall-Bildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf dieselbe Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum. Bevorzugt erfolgt die Initiierung des Datenabgangs durch ein einfaches bildschirmunterstütztes Verfahren, beispielsweise durch ein Überlagern der Bilder aus der Ultraschall-Bildverarbeitung und aus der Referenzierungseinrichtung mittels eines Übereinanderziehens der Bilder mit einer Computermaussteuerung.

Die Software der Referenzierungseinrichtung bzw. des Neuronavigationssystems kann dabei in bekannter Weise so abgestellt werden, daß mit einer Maussteuerung das aktuelle Ultraschall-Bild markiert wird, das Bild mit Hilfe des Maus cursors auf das Bild aus der Computertomographie gezogen und dort freigegeben wird. Wenn eine solche Prozedur dem System als Initiierung einer erfindungsgemäßen Positions wert aktualisierung vorgegeben wird, kann diese sehr einfach des öfteren während einer Behandlung von einem Behandlungsassistenten durchgeführt werden. Eine genaue Positions wert bestimmung und eine ständige Korrektur sind da-

mit während der Behandlung jederzeit möglich.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens wird die aktuelle Position der Behandlungsziele durch ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe erfaßt, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann. Dabei können zur Feststellung der aktuellen Positionsvermögen charakteristische Punkte des Behandlungsziels mit dem Mikroskop aus verschiedenen Richtungen fokussiert werden, um danach einen aktuellen Abgleich mit den Werten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung durchzuführen.

Wie schon erwähnt, kann die Aktualisierung der Positionsvermögen vor und während der Behandlung bei jeder Verfahrensgestaltung mehrmals durchgeführt werden.

Auch die Steuerung einer Bestrahlungseinrichtung durch die Übermittlung der aktuellen Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung bildet eine Durchführungsart des erfundungsgemäßen Verfahrens. Hierbei kann wiederum einerseits die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung, insbesondere gemäß dem Atemungstakt des Patienten steuern oder zur Erfassung weniger häufig auftretender Lageänderungen bzw. zur Korrektur von Ungenauigkeiten eine computergestützte Referenzierungseinrichtung dazu benutzt werden, eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung zu steuern, also beispielsweise motorisch eine Patientenliege so nachzufahren, daß die zu behandelnden Körperpartien wieder im Strahlengang liegen.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Kalibrierungsverfahren zur Einbindung der Positionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung, die positionsgebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positionsvermögen von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimalen Behandlung verknüpft.

Wenn ein Ultraschall-Diagnosegerät als zweite Positionsdetektionseinrichtung gemäß der Erfindung verwendet wird, muß dieses kalibriert werden, um eine richtige Zuordnung seiner Informationen zu denjenigen aus der Referenzierungseinrichtung zu gestatten. Es muß einerseits bekannt sein, wo die durch die Ultraschall-Sonde erfaßten Anatomiebereiche im Koordinatensystem der Sonde liegen, und andererseits ist zu bestimmen, wo diese Punkte im Raumkoordinatensystem der Referenzierungseinrichtung bzw. der Neuronavigation sind. Dazu wird vor dem Einsatz des Ultraschallgeräts als zweite Detektionseinrichtung ein Kalibrierungsverfahren mit den folgenden Schritten durchgeführt:

- Feststellen der Position einer Eichhilfe über die Referenzierungseinrichtung durch Lokalisierung der Eichhilfe mittels einer daran angebrachten Reflektorengruppe,
- Erfassen der Struktur der Eichhilfe mit der Sonde des Ultraschall-Diagnosegerätes,
- Erfassen der Sondenposition über die Referenzierungseinrichtung mittels einer an der Sonde angebrachten Reflektorengruppe,
- Kopplung der Positionsvermögen aus dem Ultraschallbild mit den Positionsdaten aus der Referenzierungseinrichtung, wodurch bestimmt, wo der von der Ultraschallsonde abgegriffene Bereich im von der Referenzierungseinrichtung erfaßten Raum liegt.

Nach der Durchführung des beschriebenen Kalibrierungsverfahrens ist sowohl im Koordinatensystem der Referenzierungseinrichtung als auch im Sondensystem jeder 5 Bildpunkt bezüglich seiner Lage exakt referenziert. Das Ultraschall-Diagnosegerät kann zur aktuellen Feststellung der Positionsvermögen von Behandlungszielgebieten verwendet werden.

Als Eichhilfe für das Kalibrierungsverfahren wird vorteilhafterweise ein Strukturkörper verwendet, der in charakteristischer Weise angeordnete Stäbe aufweist, deren Winkelanordnung und Verkippung im Ultraschall-Bild eine exakte Positionsanalyse zuläßt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann das System zur aktuell exakten Erfassung von Behandlungszielpunkten auch auf Magnetfelderfassungen basieren. Bei einem solchen System weist die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung auf, welche in ein Behandlungsziel eingebracht 10 20 bzw. in dessen Nähe positioniert ist, sowie einen Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung.

Es kommt vor, daß Behandlungsziele, beispielsweise Tumore, im Körper wandern. Die verschobene Position eines solchen wandernden Behandlungsziels kann aktuell mit 25 Hilfe einer Magnetfelderzeugungseinrichtung ermittelt werden. Der Detektor für die Magnetfelderzeugungseinrichtung hat hierbei, je nach Anwendungsfall, verschiedene Funktionen und Ausgestaltungen, die jeweils wieder von der speziellen Art der Magnetfelderzeugungseinrichtung abhängen.

Bei einer Gruppe von Ausführungsformen des erfundungsgemäßen Systems mit einer Magnetfelderzeugungseinrichtung ist diese eine Miniaturspule, während der Detektor eine auf magnetischer Induktion basierende Einrichtung ist.

Eine Ausgestaltung in der oben angesprochenen Gruppe von Ausführungsformen des Systems mit Miniaturspulen ist dadurch gekennzeichnet, daß diese Anschlüsse aufweist, über die eine Spannung an die Spule angelegt werden kann. Die Spule erzeugt hierauf ein Magnetfeld, welches dann von 30 35 dem Detektor erfaßbar ist, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

Ein weiteres System mit Miniaturspule basiert darauf, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die über ihr Magnetfeld einen Strom in die Miniaturspule induzieren. 45 Die Miniaturspule weist wiederum Anschlüsse auf, über die der in die Spule induzierte Strom erfaßt werden kann; d. h. der Strom wird gemessen und die Informationen über die Position des Behandlungsziels können anhand von Stromstärkedenen erhalten werden.

Ein weiteres Miniaturspulensystem basiert auf der Verwendung einer Spule ohne äußere Anschlüsse. Der Detektor weist hierbei Induktionsspulen auf, die über ihr Magnetfeld selbst einen Strom in die isolierte Miniaturspule induzieren. Dieser Strom erzeugt an der Miniaturspule selbst wieder ein 50 55 Magnetfeld, das als Sekundärfeld bezeichnet werden kann. Dieses Sekundärfeld wird wiederum von externen Spulen erfaßt, insbesondere den Spulen am Detektor selbst, wodurch Behandlungszielpositionen erhalten werden können. Ein solches Prinzip wird als MRI-Scanner-Prinzip bezeichnet.

Bei allen oben genannten Miniaturspulensystemen sollte der Durchmesser der Miniaturspule geeignet klein sein, und insbesondere kleiner als ein Millimeter.

Ein weiteres Erfassungssystem mit einer Magnetfelderzeugungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verzichtet auf den Einsatz einer Miniaturspule. Anstelle der Spule wird ein Permanentmagnet in ein Behandlungsziel eingebracht bzw. in dessen Nähe positioniert, der dann über

einen Detektor erfaßbar ist. Insbesondere kann der Permanentmagnet ein Stabmagnet mit geeignet kleinen Abmessungen sein.

Der Detektor kann jeweils mehrere Induktionsspulen aufweisen, die so angeordnet sind, daß die Ausrichtung und die Position der Magnetfelderzeugungseinrichtung genau erfaßt werden kann. Die Position des Detektors selbst gegenüber der computergestützten Referenzierungseinrichtung kann wiederum durch eine Reflektorengruppe stattfinden, die am Detektor angebracht ist.

Auch das erfundungsgemäße Verfahren, das oben schon allgemein beschrieben wurde, kann als zweite Detektionseinrichtung die oben beschriebenen verschiedenen Arten von Magnetfelderzeugungseinrichtungen und die dazugehörigen Detektoren verwenden, die vorteilhafterweise mit einer Reflektorengruppe ausgestattet sind.

Patentansprüche

1. System zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit einer computergestützten Referenzierungseinrichtung, die positionsggebende Reflektoren und Marker sowie eine erste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positions倣erten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft, gekennzeichnet durch eine zweite Positionsdetektionseinrichtung, die in die Referenzierungseinrichtung eingebunden wird und mit deren Positionsinformationen die Positions倣erten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung aktualisiert werden. 20
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Reflektorengruppe aufweist, die von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt werden kann. 25
3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf derselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum. 30
4. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe ist, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann. 45
5. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde ist, welche mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die die aktuelle Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert. 55
6. System nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung steuert. 60
7. System nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Lagesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungseinrichtung steuert. 65

8. Verfahren zur Erfassung von Behandlungszielpunkten mit den folgenden Schritten:

- computergestützte Referenzierung der Patientenanatomie mittels positionsgebender Reflektoren und Marker sowie mit einer ersten Positionsdetektionseinrichtung, wobei Diagnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Positions倣erten von Behandlungsgeräten und Patientenanatomie zur optimierten Behandlung verknüpft werden,
- Erfassen der aktuellen Position von Behandlungszielen durch eine zweite Positionsdetektionseinrichtung,
- Einbinden der Informationen über die aktuelle Position in die Referenzierungseinrichtung durch die Einbindung der zweiten Positionsdetektionseinrichtung in die Referenzierungseinrichtung,
- Aktualisieren der Positions倣erten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung mit den Positionsinformationen der zweiten Positionsdetektionseinrichtung.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuelle Position der Behandlungsziele über eine Reflektorengruppe an der zweiten Positionsdetektionseinrichtung von der ersten Positionsdetektionseinrichtung erfaßt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die aktuelle Position der Behandlungsziele, insbesondere in mindestens zwei Ebenen, durch ein Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Reflektorengruppe tragenden Sonde erfaßt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Ultraschall-Diagnosegerät mit einer Ultraschallbildverarbeitung verbunden ist, die ein Ultraschallbild auf derselben Bildausgabe ausgibt, wie eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Initialisierung des Datenabgleichs durch ein einfaches bildschirmunterstütztes Verfahren, beispielsweise durch ein Überlagern der Bilder aus der Ultraschallbildverarbeitung und aus der Referenzierungseinrichtung mittels eines Übereinanderziehens der Bilder mit einer Computermaussteuerung erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die aktuelle Position der Behandlungsziele durch ein chirurgisches Mikroskop mit einer Reflektorengruppe erfaßt wird, welches die Position aktuell fokussierter Punkte an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung für einen Operationsraum übermitteln kann.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem zur Feststellung der aktuellen Positions倣erten charakteristische Punkte des Behandlungsziels mit dem Mikroskop aus verschiedenen Richtungen fokussiert werden, um dann einen aktuellen Abgleich mit den Werten aus der ersten Positionsdetektionseinrichtung durchzuführen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, bei dem die Aktualisierung der Positions倣erten vor und während der Behandlung mehrmals durchgeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die aktuelle Position erfaßter Anatomiegebiete an eine computergestützte Referenzierungseinrichtung übermittelt wird, welche wiederum eine Bestrahlungseinrichtung steuert.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur Ansteuerung des Strahlengangs der Bestrahlungseinrichtung, insbeson-

dere gemäß dem Atmungstakt des Patienten, steuert. 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die computergestützte Referenzierungseinrichtung eine Vorrichtung zur La- 5 gesteuerung des Patiententrägers der Bestrahlungsein- richtung steuert.

19. Kalibrierungsverfahren zur Einbindung der Posi- 10 tionserfassung eines Ultraschall-Diagnosegerätes in eine computergestützte Referenzierungseinrichtung, die po- sitiongebende Reflektoren und Marker sowie eine er- ste Positionsdetektionseinrichtung aufweist und Dia- gnosedaten eines Patienten mit den ermittelten Posi- 15 tionswerten von Behandlungsgeräten und Patientenana- tomie zur optimierten Behandlung verknüpft, mit den folgenden Schritten:

- Feststellen der Position einer Eichhilfe über die Referenzierungseinrichtung durch Lokalisierung der Eichhilfe mittels einer daran angebrachten Re- 20 flektorengruppe,
- Erfassen der Struktur der Eichhilfe mit der Sonde des Ultraschall-Diagnosegerätes,
- Erfassen der Sondenposition über die Referen- 25 zierungseinrichtung mittels einer an der Sonde an- gebrachten Reflektorengruppe,
- Kopplung der Positionsdaten aus dem Ultra- 30 schallbild mit den Positionsdaten aus der Referen- zierungseinrichtung, wodurch bestimmt wird, wo der von der Ultraschallsonde abgegriffene Be- reich im von der Referenzierungseinrichtung er- faßten Raum liegt.

20. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 19, da- 35 durch gekennzeichnet, daß die Eichhilfe einen Strukturkörper mit in charakteristischer Weise angeordneten Stäben aufweist, deren Winkelanordnung und Verkip- 40 pung im Ultraschallbild eine exakte Positionsanalyse zuläßt.

21. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Positionsdetektionseinrichtung eine Magnetfelderzeugungseinrichtung aufweist, welche in 45 ein Behandlungsziel eingebracht bzw. in dessen Nähe positioniert ist, sowie einen Detektor für die Magnet- 50 felderzeugungseinrichtung.

22. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeich- net, daß die Magnetfelderzeugungseinrichtung eine Miniaturspule und der Detektor eine auf elektromagne- 45 tischer Induktion basierende Einrichtung ist.

23. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeich- net, daß die Miniaturspule Anschlüsse aufweist, über 50 die eine Spannung an die Spule angelegt wird, deren Magnetfeld dann von dem Detektor erfassbar ist, wo- durch Informationen über die Position des Behand- 55 lungsziels erhalten werden können.

24. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeich- net, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die über ihr Magnetfeld einen Strom in die Miniaturspule 55 induzieren, welche wiederum Anschlüsse aufweist über die der in die Spule induzierte Strom erfäßt wer- den kann, wodurch Informationen über die Position des Behandlungsziels erhalten werden können.

25. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeich- 60 net, daß der Detektor Induktionsspulen aufweist, die ei- nen Strom in eine Miniaturspule ohne äußere An- schlüsse induzieren, welcher ein Magnetfeld an der Spule erzeugt, das dann wiederum vom Detektor erfäßt wird, wodurch Informationen über die Position des Be- 65 handlungsziels erhalten werden können.

26. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeich- net, daß die Magnetfelderzeugungseinrichtung ein Per-

manentmagnet, insbesondere ein Stabmagnet mit ge- eignet kleinen Abmessungen ist.

27. System nach einem der Ansprüche 21 bis 26, da- 65 durch gekennzeichnet, daß ein über eine Reflektoren- gruppe erfassbarer Detektor für die Magnetfelderzeu- gungseinrichtung mehrere Induktionsspulen aufweist.

28. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeich- net, daß die aktuelle Position des Behandlungsziels mit einem System nach den Ansprüchen 21 bis 27 erfäßt wird.